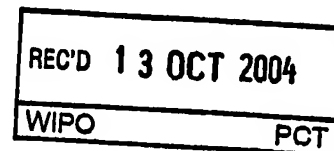


EP04/08258



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 34 275.3

**Anmeldetag:**

25. Juli 2003

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Anmelder/Inhaber:**

Dipl.- Phys. Klaus W o l t e r, 40625 Düsseldorf/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und/oder Vorrichtung zur Messung von  
Geschwindigkeitsvektoren

**IPC:**

G 01 S 11/12

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 17. August 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Hoiß

## **Verfahren und / oder Vorrichtung zur Messung von Geschwindigkeitsvektoren**

Das hier vorgestellte Verfahren und / oder die Vorrichtung zur Messung von Geschwindigkeitsvektoren (Fig. 1) zeichnet sich dadurch aus, daß mindestens ein (und / oder mehrere) Emissionsort an mindestens einer (und / oder mehreren) Quelle vorhanden ist, dessen Emission sich auf mindestens zwei Pfaden (Wegen) mit einer bekannten Geschwindigkeit und Wellenlänge (hier ist die universelle physikalische Wellenlänge gemeint, die jedem Objekt zuordbar ist) ausbreitet und auswertbare Interferenzen insbesondere, aber nicht notwendigerweise nur für die Zeit der jeweils notwendigen Meßdauer an einem oder mehreren Meßorten ergibt, wobei mindestens einer der Pfade von dem (den) so gearteten Emissionsort(en) zu dem (den) so gearteten Meßort(en) derart ausgebildet ist, daß die auf diesem Pfad gegebene Phasenlage durch ein translatorisches Ereignis gegen die eines jeweils anderen Pfades verschoben wird. Dabei soll ein rotatorisches Ereignis, ein thermischer, oder sonstiger nicht translatorischer Einfluß keine Verschiebung der Phasenlagen zwischen diesen Pfaden ergeben. Die Verschiebung der Phasenlagen (= Meßsignal), die das Interferenzsignal dieser Pfade ergibt, ist dann ein Maß für die Geschwindigkeit. Die Richtung ergibt sich als die Raumrichtung, für die das Meßsignal für die gegebenen Pfade maximal wird (= Pfad größter Differenz).

Anders und ergänzend ausgedrückt ist das Verfahren und / oder die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, daß eine wie auch immer geartete Quelle mit Emissionsorten für Strahlung dargestellt wird, die einen bekannten Phasenbezug zwischen den Emissionsorten des Meßvorgangs aufweist – diese Emissionsorte können räumlichen und / oder zeitlichen Abstand aufweisen – und für die jeweils ein Pfad mit (möglichst) großer, sowie mit (möglichst) kleiner Verschiebung der Phasenlage bezüglich einer translatorischen Bewegung zur Verfügung steht. Aus dieser Differenz ergibt sich dann das Meßsignal.

Maßgeblich für die prinzipiell mögliche Auflösung des hier vorgestellten Verfahrens und / oder der Vorrichtung sind die Wellenlänge der Emission, wie der Laufzeitunterschied auf den Pfaden. Nachgeordnet sind die Fähigkeiten des Phasenvergleichers, sowie die statistischen und systematischen Fehler.

Für die Realisierung gibt es nun eine Mannigfachigkeit an bevorzugten Ausführungsformen, aus denen hier allerdings nur einige wenige hervorgehoben werden, da diese innerhalb der Mannigfachigkeit Spezialfälle des Prinzips darstellen und andere Ausführungsformen Abwandlungen dieser sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Quelle eine Lichtquelle. Im allgemeinen ein Laser beliebiger Bauart (Linear-, Ringlaser (dieser kann natürlich weiterhin für Winkelmessungen genutzt werden), Festkörper-, Gas-, Flüssigkeitslaser, um nur die Oberbegriffe darzustellen. Techniken wie exotische physikalische Effekte z.B. Quantum Well und Superfluoreszenz o.ä. müssen ja wohl nicht einzeln aufgezählt werden). Und damit ist als bekannte Geschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit gegeben.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Quelle ein wie auch immer gearteter Maser.

Als Lösungen für die Pfade lassen sich in weiteren Ausführungsformen einerseits insbesondere Variationen mit Materialien, in denen die Ausbreitungsgeschwindigkeiten verschieden sind, angeben, wie auch Variationen der Pfadlängen (Fig. 2, Fig. 3), wie auch die Kombination beider Vorgehensweisen.

Für die Kompensation rotatorischer Phasenverschiebungen gibt es wieder mehrere Möglichkeiten. Eine ist die geometrische Gestaltung der Pfade – dazu müssen die Anteile

eines Pfades außerhalb der Verbindungslinie zwischen Anfang und Ende sich jeweils so verhalten, daß es zu jedem Teil auf einer Seite einen gleichgroßen Teil auf der jeweils gegenüberliegenden Seite gibt (Fig. 2, Fig. 3) – ein weiterer ist, daß die rotatorische Phasenverschiebung auf beiden Pfaden identisch ist und ein anderer ist die rechnerische Kompensation durch ermitteln der Drehung mittels z.B. Laserkreisel und einer anschließenden Subtraktion.

In allen Ausführungsformen wird die Emission auf beide Pfade aufgeteilt und zur interferometrischen Auswertung wieder zusammengeführt.

Auswirkung auf die Gestaltung aller Ausführungsformen hat der Lock In – Effekt (vereinfacht gesagt: Das Fixiertsein eines Schwingungsknotens an eine Störstelle). Der Lock In – Effekt ist zumindest für zwei der drei Raumdimensionen nötig. Ist er für eine Raumrichtungen nicht vorhanden (z.B.: Laserkreisel), so muß zwecks erlangen eines nutzbaren Meßsignals der Pfad größter Differenz eine Vektorkomponente orthogonal zu dieser Raumrichtung haben. Grund dafür ist, daß in diesem Fall der Sagnac – Effekt für die Bewegung in dieser Lock – In Effekt freien Raumdimension keine Rolle spielt, sondern die Verschiebung der Phase durch die, durch die Geschwindigkeit bedingte Verschiebung des Emissionsortes im Zusammenspiel mit der verschiedenen Laufzeit auf den einzelnen Pfaden zustande kommt. Dieses Ergebnis ist allerdings nicht eindeutig dieser Lock – In freien Raumrichtung zuzuordnen, da ebenso eine Phasenverschiebung in dieser Anordnung durch eine Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Pfades größter Differenz bedingt durch den Sagnac – Effekt zustande kommt (s.u.). Es ergibt sich somit ein Maß für die Geschwindigkeit in dieser durch den Pfad und die Lock – In Effekt freie Raumrichtung aufgespannte Fläche. Ein Geschwindigkeitsanteil normal zu dieser Fläche ergibt kein Signal. Wird dieses vektorielle Geschwindigkeitsmaß mit den Maßen analog ermittelter vektorieller Geschwindigkeitsmaße linear unabhängig zu dieser und zugleich linear unabhängig zueinander stehender weiterer Flächen kombiniert, so ergibt sich nach einfacher Vektorrechnung das Maß für die Geschwindigkeit im Raum. Andererseits, im Fall eines für alle Raumrichtungen vorhandenen Lock – In Effektes gibt es keine Einschränkung und der Sagnac – Effekt liefert die Verschiebung.

Zur Erläuterung der genutzten Physik seien hier die beiden Fälle, die zu Signalen führen in Beispielen dargestellt. Grundlegend ist, daß – vereinfacht gesagt – die Phasenlage einer auf einem Ausbreitungspfad frei laufenden Lichtwelle durch diesen nicht beeinflusst wird.

Im Fall, daß der Lock – In Effekt in allem Raumrichtungen vorliegt, wird in die beiden Pfade (Pfad 1 habe eine Signallaufzeit von  $t_1$  und Pfad 2 eine von  $t_2$  und es sei  $t_1 > t_2$ . Z.B.  $t_1 = a * t_2$ ) zur Zeit  $t_0$  ein Signal mit identischer Phasenlage eingespeist. Bewegt sich nun die Vorrichtung nicht, existiert am Meßort ein Interferenzsignal gebildet aus den zu den Zeiten  $t_0$  und  $t_0 + (t_1 - t_2)$  ausgesandten Signalen. Wird nun die Vorrichtung mit einer Geschwindigkeit  $v = \Delta l / \Delta t$  bewegt, so addiert sich zu beiden Pfaden die Verschiebung durch diese Bewegung und der jeweilige Pfad, also die jeweilige Laufzeit wird damit länger (Sagnac – Effekt). Und zwar für Pfad 2 um  $\Delta t$  und für Pfad 1 um  $a * \Delta t$ . D.h., daß am Ende des Pfades 1 eine Phase vorliegt, die der Phasenlage eines Pfades der Laufzeit  $t_1 + a * \Delta t$  entspricht und am Ende des Pfades 2, da ja durch den Lock – In Effekt die ursprüngliche Phase mitgenommen wurde, eine Phase vorliegt, die der Phasenlage von  $t_2 + \Delta t$  entspricht. Und diese Änderung der Differenz der Phasenlagen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $v$  um  $(a - 1) * \Delta t$  ergibt ein periodisches Interferenzsignal.

Im Fall, daß der Lock – In Effekt für eine Raumrichtung nicht vorliegt muß, wie schon beschrieben, der Pfad größter Differenz eine Vektorkomponente orthogonal zu dieser Raumrichtung haben. Für diese Vektorkomponente ergibt sich nun in ganz ähnlicher Betrachtung wie vorstehend ebenso eine Änderung der Phasendifferenz um  $(a - 1) * \Delta t$ .

Das hier vorgestellte Verfahren und / oder die Vorrichtung zur Messung von Geschwindigkeitsvektoren erfaßt für den Fall einer dreidimensionalen Messung alle Geschwindigkeiten / Geschwindigkeitsvektoren in Summa z.B. angefangen von der Geschwindigkeit der Milchstraße im uns bekannten Universum, über die Bewegung des Sonnensystems bzgl. des galaktischen Zentrums, über die Bewegung der Erde im Sonnensystem, über die Bewegung der Erde an sich, wie auch die Bewegung der Erdkruste bis hin zur Eigenbewegung des zu messenden Objektes, wie der Eigengeschwindigkeit der Vorrichtung selber. Für die Ermittlung des entsprechend betrachteten Vektoranteils sind somit die anderen zu subtrahieren.

Die absolute Geschwindigkeit im Raum läßt sich dadurch messen, daß zusätzlich zu der oben beschriebenen Messung die Laufzeit der Emission auf dem Weg ausgemessen und ins Verhältnis mit dem theoretisch zu erwartenden Wert gesetzt wird (man beachte bitte in diesem Zusammenhang die Aussagen der allgemeinen und speziellen Relativitätstheorie). Aus dieser Differenz ergibt sich die absolute Geschwindigkeit sofort.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform nutzt als Quelle z.B. insbesondere einen Laser, eine Laserdiode (mithin ein linearer Gas-, Flüssigkeits-, oder Festkörperlaser, wie auch ein wie auch immer gearteter Ringlaser), deren Licht in dem zu messenden Geschwindigkeitsbereich dem Lock – In Effekt unterliegt, deren Phasenlage also mit dem translatorischen Ereignis mitgenommen wird. Vom Lichtemissionsort dieses Lasers führt nun z.B. ein nach kurzem Weg gesplitteter Lichtwellenleiter (= LWL), dessen einer Ast (= Pfad) nach dem Split länger ist als der andere und die zwecks Interferenzbildung wieder zusammengeführt werden. An dessen Ende ist dann eine Interferenzauswertevorrichtung (Phasenvergleich) z.B. mit einer Photodiode als Sensor angebracht. Dort wird dann die Phasenlage des früher ausgesandten, gespeicherten Lichtes mit der des später ausgesandten Lichtes verglichen. Der Lichtwellenleiter wird nun entsprechend der Anforderung (s.o.) zur Selektion einer Raumrichtung verlegt. Dies kann z.B. dadurch geschehen, daß der längere Ast mäanderförmig gefaltet und der kurze Ast orthogonal zur mittleren Ausrichtung der Faltung des längeren Astes ausgerichtet ist und daß die oben vorgegebenen Bedingungen der Kompensation unerwünschter Phasenverschiebungen erfüllt sind. Das sich ergebende Interferenzsignal ist dann ein Maß der Geschwindigkeit im Raum orthogonal zur mittleren Faltungsrichtung des Mäanders. Insbesondere läßt sich das Licht des hier eingesetzten Lasers gleichzeitig für alle mittels entsprechend angeordneter weiterer gesplitteter Lichtwellenleiter zur Messung weiterer Raumrichtungen nutzen. Anstelle der Verlängerung des einen Teils des Weges durch Faltung kann auch die Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium durch Einsatz eines Materials mit verschiedenem Brechungsindex zur „Verlängerung“ des Weges genutzt werden. Dies natürlich auch durch und in Kombination beider Formen. Es gilt: Je größer die Differenz, desto größer die Auflösung, desto empfindlicher die Ausführungsform.

Um eine Vorstellung von der Größe des Meßeffektes zu erhalten sei die resultierende Verschiebung anhand einer typischen Schrittgeschwindigkeit von 3,6 km/std verdeutlicht ( $3,6 \text{ km/std} = 1 \text{ nm/nsek}$ ). Bei einer angenommenen Pfadlängendifferenz von einer Lichtnanosekunde (ca. 30 cm) und einer Wellenlänge des Lichtes von 400 nm ergibt dies eine gut beherrschbare Meßgröße.

Die potentiell mögliche Wiederholrate für Messungen ist im wesentlichen durch die Laufzeit der Emission auf dem längeren Weg, sowie der nachfolgenden Verarbeitung des Signals gegeben und liegt im oberen Megahertzbereich.

Da das hier vorgestellte Verfahren und / oder die Vorrichtung eine inertial arbeitendes System darstellt, kann ein Bezug zu einem anderen bewegten Objekt z.B. durch einen einfachen Kontakt zu diesem dargestellt werden. Ansonsten zeigt das Gerät den Eigengeschwindigkeitsvektor seiner selbst an.

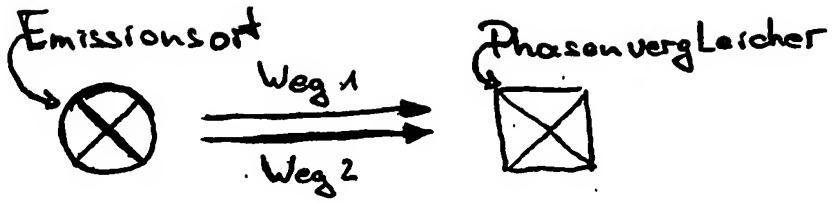


Fig. 1

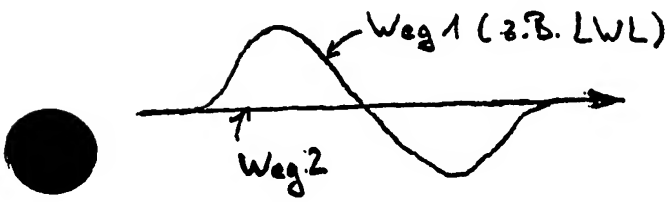


Fig. 2

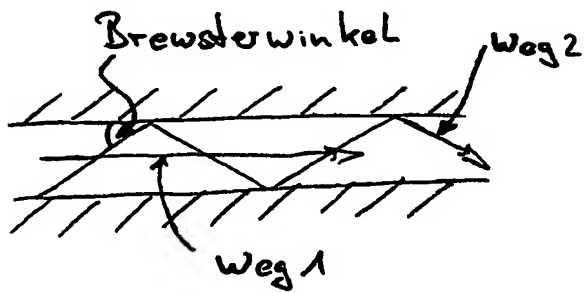


Fig. 3